

AC

## PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 2000-308372

(43)Date of publication of application : 02.11.2000

(51)Int.Cl.

H02N 2/00  
H01L 41/083

(21)Application number : 11-108001

(71)Applicant : SEIKO INSTRUMENTS INC

(22)Date of filing : 15.04.1999

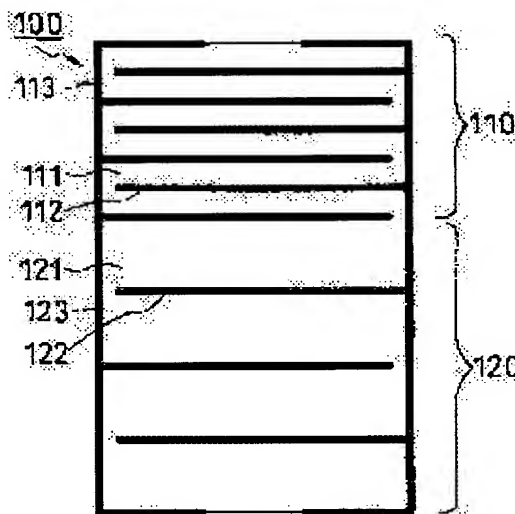
(72)Inventor : KASUGA MASAO  
IINO AKIHIRO

(54) LAMINATED PIEZOELECTRIC ELEMENT, PIEZOELECTRIC ACTUATOR USING THE SAME, PIEZOELECTRIC SENSOR AND ULTRASONIC MOTOR

(57)Abstract:

PROBLEM TO BE SOLVED: To control a displacement, using a simple control circuit.

SOLUTION: This laminated piezoelectric element 100 is formed as an integrated structure, in which a first laminated piezoelectric element 110 and a second piezoelectric element 120 are stacked in the thickness direction. The first laminated piezoelectric element 110 is formed, in such a way that piezoelectric elements 111 which are thinner than piezoelectric elements 121 constituting the second piezoelectric element 120 are laminated. In the first laminated piezoelectric element 110, electrodes 112 are installed between the respective piezoelectric elements 111, and they are electrically connected in parallel at the outside every other layer. In the piezoelectric elements 111, 112, their polarization is treated in the thickness direction. In addition, even in the second laminated piezoelectric element 120, electrodes 122 are installed between the respective piezoelectric elements 121, and they are electrically connected in parallel at the outside every other layer.



## LEGAL STATUS

[Date of request for examination]

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number]

[Date of registration]

[Number of appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of extinction of right]

Copyright (C); 1998,2003 Japan Patent Office

(19) 日本国特許庁 (J P)

## (12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開2000-308372

(P 2 0 0 0 - 3 0 8 3 7 2 A)

(43) 公開日 平成12年11月2日(2000.11.2)

(51) Int. Cl. <sup>7</sup>	識別記号	F I	テマコード (参考)
H02N 2/00		H02N 2/00	B 5H680
			C
H01L 41/083		H01L 41/08	N
			S

審査請求 未請求 請求項の数10 O L (全10頁)

(21) 出願番号 特願平11-108001

(22) 出願日 平成11年4月15日(1999.4.15)

(71) 出願人 000002325

セイコーインスツルメンツ株式会社

千葉県千葉市美浜区中瀬1丁目8番地

(72) 発明者 春日 政雄

千葉県千葉市美浜区中瀬1丁目8番地 セ

イコーインスツルメンツ株式会社内

(72) 発明者 飯野 朗弘

千葉県千葉市美浜区中瀬1丁目8番地 セ

イコーインスツルメンツ株式会社内

(74) 代理人 100096286

弁理士 林 敬之助

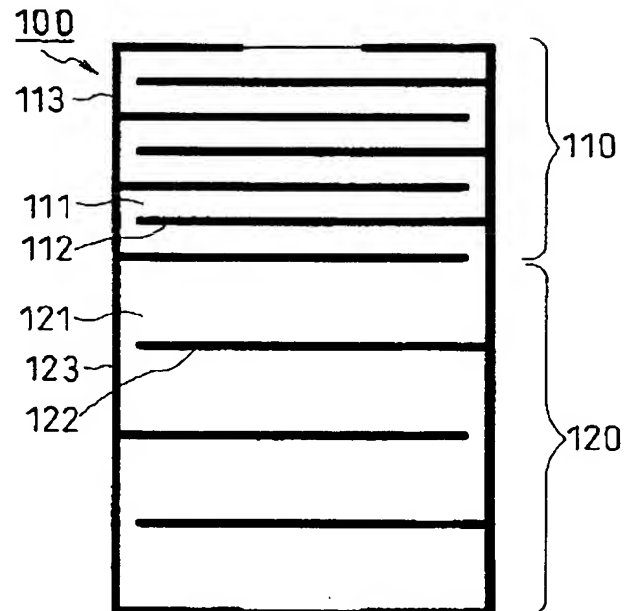
最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 積層型圧電素子およびこれを用いた圧電アクチュエータ、圧電センサ、超音波モータ

(57) 【要約】

【課題】 簡単な制御回路で変位制御が可能なこと。

【解決手段】 この積層型圧電素子100は、第1の積層型圧電素子110と第2の積層型圧電素子120とを厚み方向に重ねた一体構造であり、第1の積層型圧電素子110は、第2の積層型圧電素子120を構成する圧電素子121よりも薄い圧電素子111を積層したものである。第1の積層形圧電素子110では、各圧電素子111の間に電極112が設けられており、一層おきに外部で電氣的に並列接続されている。この圧電素子111、112は、厚み方向に分極処理されている。また、第2の積層形圧電素子120においても、各圧電素子121の間に電極122が設けられており、一層おきに外部で電氣的に並列接続されている。



## 【特許請求の範囲】

【請求項 1】 同一厚さの圧電素子を積層して積層型圧電素子を構成すると共に、この圧電素子とは異なる厚さの圧電素子を積層して別の積層型圧電素子を構成し、これら積層型圧電素子を一体化したことを特徴とする積層型圧電素子。

【請求項 2】 第 1 の積層型圧電素子を構成する圧電素子の厚さを、第 2 の積層型圧電素子を構成する圧電素子よりも薄くし、当該第 1 および第 2 の積層型圧電素子を厚み方向に一体化したことを特徴とする積層型圧電素子。

【請求項 3】 第 1 の積層型圧電素子を構成する圧電素子の厚さを、第 2 の積層型圧電素子を構成する圧電素子よりも薄くし、当該第 1 および第 2 の積層型圧電素子を並設し一体化したことを特徴とする積層型圧電素子。

【請求項 4】 さらに、構成する圧電素子の厚さが異なる他の積層型圧電素子を一体化したことを特徴とする請求項 2 または 3 に記載の積層型圧電素子。

【請求項 5】 前記各積層型圧電素子を構成する圧電素子の厚さの比を整数値としたことを特徴とする請求項 2 20 ~ 4 のいずれか一つに記載の積層型圧電素子。

【請求項 6】 前記各積層型圧電素子の面積を異なるものとしたことを特徴とする請求項 2 ~ 5 のいずれか一つに記載の積層型圧電素子。

【請求項 7】 構成する圧電素子の厚さを異なるものとした複数の積層型圧電素子を一体化し、各積層型圧電素子に対して電圧を印加する駆動手段を設けると共にこの駆動手段を制御して電圧を印加する積層型圧電素子を選択する制御手段を設けたことを特徴とする圧電アクチュエータ。

【請求項 8】 構成する圧電素子の厚さを異なるものとした複数の積層型圧電素子と、各積層型圧電素子の圧電効果により発生する電気信号を検出する検出手段を設けたことを特徴とする圧電センサ。

【請求項 9】 構成する圧電素子の厚さを異なるものとした複数の積層型圧電素子を一体化すると共にこの積層型圧電素子に振動変換部材を設け、さらに、各積層型圧電素子に対して電圧を印加する駆動手段と、この駆動手段を制御して電圧を印加する積層型圧電素子を選択する制御手段とを設け、前記振動変換部材を振動接触させることで移動体を駆動することを特徴とする超音波モータ。

【請求項 10】 第 1 の積層型圧電素子を構成する圧電素子の厚さを、第 2 の積層型圧電素子を構成する圧電素子よりも薄くし、当該第 1 および第 2 の積層型圧電素子を積み重ねて一体化すると共に当該一体化した積層型圧電素子の側面に振動変換部材を取り付け、さらに、各積層型圧電素子に対して周波電圧を印加する駆動手段を設け、前記第 1 の積層型圧電素子により縦振動を励振し、前記 50

第 2 の積層型圧電素子により屈曲振動を励振し、前記振動変換部材を移動体に振動接触させることで当該移動体を駆動することを特徴とする超音波モータ。

## 【発明の詳細な説明】

## 【0001】

【発明の属する技術分野】 この発明は、簡単な制御回路で変位制御が可能な積層型圧電素子およびこれを用いた圧電アクチュエータ、圧電センサ、超音波モータに関する。

## 【0002】

【従来の技術】 図 12 は、従来の積層型圧電素子の一例を示す構造図である。この積層型圧電素子 1000 は、複数枚の圧電素子 1001 と、各圧電素子 1001 との間に設けた電極 1002 とから構成されている。一般に圧電縦効果は、横効果と比較して同一電界下で約 2 倍の変位を発生するためエネルギー変換効率が高いものとなる。このため、積層した各圧電素子 1001 はそれぞれ厚み方向に分極処理されている。また、電極 1002 は一層おきにずらして形成し、外部で電気的に並列接続してある。圧電素子 1001 の積層は接着により行ってもよいが、グリーンシート法により一体化するほうが、信頼性、量産性の点で有利であり、圧電素子 1001 を薄型化することができる。この積層型圧電素子 1000 に駆動電圧を印加すると、各圧電素子 1001 の伸縮により積層方向の変位を得ることができる。

【0003】 図 13 は、積層型圧電素子を用いたアクチュエータを示す構成図である。このアクチュエータ 1100 は、前記積層型圧電素子 1000 と、積層型圧電素子 1000 を駆動する駆動回路 1101 と、駆動回路 1101 を制御する制御回路 1102 と、制御回路 1102 に積層型圧電素子 1000 の動作状態をフィードバックする動作状態検出回路 1103 と、制御回路 1102 に動作指示の信号を与える指示部 1104 とから構成されている。制御回路 1102 は、指示部 1104 からの指示に従い、駆動回路 1101 に制御信号を送出する。駆動回路 1101 では、制御信号に基づき所定の直流電圧を積層型圧電素子 1000 に印加する。積層型圧電素子 1000 の変位量は動作状態検出回路 1103 により検出され、制御回路 1102 にフィードバックされる。制御回路 1102 は、目標値になるまで制御信号を駆動回路 1101 に送出する。

【0004】 図 14 は、積層型圧電素子の他の従来例を示す断面図であり、特開平 8-213664 号公報に開示のものである。この積層型圧電素子 1000 はランジュバン型の超音波モータに応用するものであって、かかる超音波モータ 1200 は、積層型圧電素子 1000 を弾性体 1201、1202 で挟み、中心をボルト 1203 で固定した構造となる。弾性体 1201 の端面には回転体 1204 が加圧接触しており、この接触圧力はボルト 1203 の締め力とバネ 1205 の弾性力によって規

制されている。積層型圧電素子 1000 に周波電圧を印加するとその振動が弾性体 1201 に伝わり、この弾性体 1201 と回転体 1204 との間の摩擦力によって回転体 1204 が回転する。

【0005】図 15 は、従来の積層型圧電素子を用いたセンサの一例を示す構成図である。このセンサ 1300 は、具体的には加速度センサや圧電ジャイロなどである。この加速度センサ 1300 は、U 形状をした複数枚の板状圧電体 1301 を積層焼成した構造である。加速度センサ 1300 は、圧電素子の圧電効果（変形することによって電圧を得る）を利用したものであり、2 本の梁部分 1302、1303 が水平方向または垂直方向にたわむことで微弱な電流を発生させている。この電流を増幅すれば、センサ信号として用いることができる。また、梁部分 1302、1303 は 2 本に限らず、3 本にしてもよい。このように、積層型圧電素子 1000 を用いた超音波モータ、アクチュエータおよびセンサによれば、全体を小型化することができる。

【0006】

【発明が解決しようとする課題】しかしながら、上記従来の積層型圧電素子 1000 では、アクチュエータとして用いる場合、各圧電素子 1001 に印加する電圧が一定のとき一定の変位をするから、変位量を制御するためには異なる駆動電圧を用いる制御回路を用いなければならないため、回路構成が複雑になってしまうという問題点があった。

【0007】つぎに、上記超音波モータ 1200 では、縦振動を強くするとトルクを大きくでき、ねじり振動を強くすると回転数を高くすることができるが、例えば縦振動に強弱をつけてトルクを調節しようとする場合、圧電素子 1001 の厚さが同一であるため 2 つの異なる周波電圧発生手段が必要になり、同じく制御回路が複雑化するという問題点があった。さらに、上記センサ 1300 では、積層型圧電素子を構成する板状圧電体 1301 の厚みが同一であるため、検出できる変位の大きさや周波数が制約されるという問題点があった。

【0008】そこで、この発明は、上記に鑑みてなされたものであって、簡単な制御回路で変位制御が可能な積層型圧電素子およびこれを用いた圧電アクチュエータ、圧電センサ、超音波モータを提供することを目的とする。また、検出範囲を広くできる圧電センサを提供することを目的とする。

【0009】

【課題を解決するための手段】上述の目的を達成するために、請求項 1 に係る積層型圧電素子は、同一厚さの圧電素子を積層して積層型圧電素子を構成すると共に、この圧電素子とは異なる厚さの圧電素子を積層して別の積層型圧電素子を構成し、これら積層型圧電素子を一体化したものである。

【0010】圧電素子は、薄い方が低電圧で大きな変位

を得ることができる。このため、各積層型圧電素子を構成する圧電素子の厚みを変えることで、異なる変位量を得ることができる。この積層型圧電素子は 2 組の積層型圧電素子を一体化する場合に限らず、3 組以上の積層型圧電素子を一体化するようにしてもよい。また、3 組以上の積層型圧電素子を一体化するにあたり、構成する圧電素子の厚さを 2 種類にしても又はそれ以上にしても構わない。このように、圧電素子の厚みが異なる積層型圧電素子を一体化することにより、各積層型圧電素子を選択するだけで変位量の制御が可能になる。また、各積層型圧電素子の選択により、複雑な変位制御が可能になる。

【0011】また、請求項 2 に係る積層型圧電素子は、第 1 の積層型圧電素子を構成する圧電素子の厚さを、第 2 の積層型圧電素子を構成する圧電素子よりも薄くし、当該第 1 および第 2 の積層型圧電素子を厚み方向に一体化したものである。

【0012】第 1 の積層型圧電素子は、第 2 の積層型圧電素子を構成している圧電素子よりも薄い圧電素子を積層して構成したものであるから、第 2 の積層型圧電素子よりも第 1 の積層型圧電素子ほうが大きな変位量を得ることができる。第 1 と第 2 の積層型圧電素子を厚み方向に積み重ねると、厚み方向に異なる変位量を得ることができる。変位量を制御する場合は、第 1 の積層型圧電素子または第 2 の積層型圧電素子に対し選択的に電圧を印加すればよい。また、第 1 および第 2 の積層型圧電素子の両方に電圧を印加することにより、最大の変位量が得られる。

【0013】また、請求項 3 に係る積層型圧電素子は、第 1 の積層型圧電素子を構成する圧電素子の厚さを、第 2 の積層型圧電素子を構成する圧電素子よりも薄くし、当該第 1 および第 2 の積層型圧電素子を並設し一体化したものである。

【0014】第 1 の積層型圧電素子と第 2 の積層型圧電素子の変位に関しては上で述べた通りである。また、この第 1 と第 2 の積層型圧電素子を並設することにより、複雑な変位を行うことができる。例えば第 1 の積層型圧電素子と第 2 の積層型圧電素子との変位量の差を利用して、被制御対象を揺動させることができる。その具体例には実施の形態において説明する。

【0015】また、請求項 4 に係る積層型圧電素子は、上記積層型圧電素子において、さらに、構成する圧電素子の厚さが異なる他の積層型圧電素子を一体化したものである。

【0016】さらに異なる厚さの圧電素子を積層した他の積層型圧電素子を一体化することにより、より複雑で緻密な変位制御が可能になる。

【0017】また、請求項 5 に係る積層型圧電素子は、上記積層型圧電素子において、前記各積層型圧電素子を構成する圧電素子の厚さの比を整数値としたものであ

る。

【0018】通常、所望厚さの圧電素子を作成するには、最も薄肉の圧電素子を作成しておき、この圧電素子を必要枚数だけ積層焼結するようにしている。このため、基本となる圧電素子の整数倍にすることで、積層型圧電素子を製造しやすくなる。

【0019】また、請求項6に係る積層型圧電素子は、上記積層型圧電素子において、前記各積層型圧電素子の面積を異なるものとしたものである。

【0020】面積を変えることにより、圧電素子により10得られる発生力が異なってくる。例えば第1の積層型圧電素子の面積より第2の積層型圧電素子の面積の方が大きい場合、その発生力は第2の積層型圧電素子のほうが大きくなる。このため、第1または第2の積層型圧電素子を選択することにより、発生力の制御が可能になる。

【0021】また、請求項7に係る圧電アクチュエータは、構成する圧電素子の厚さを異なるものとした複数の積層型圧電素子を一体化し、各積層型圧電素子に対して電圧を印加する駆動手段を設けると共にこの駆動手段を20制御して電圧を印加する積層型圧電素子を選択する制御手段を設けたものである。

【0022】構成する圧電素子の厚さが異なる場合、駆動手段により同電圧を印加してもその変位量は異なるものになる。このため、いずれの積層型圧電素子に印加するかを制御手段により選択することで、圧電アクチュエータの変位量を制御することができる。例えば2種類の積層型圧電素子に対し、構成する圧電素子が薄い方に電圧を印加すると大きな変位が得られ、厚い方に電圧を印加すると小さな変位が得られる。また、両方の積層型圧電素子に電圧を印加するようにすれば、最大の変位が得30られる。

【0023】また、請求項8に係る圧電センサは、構成する圧電素子の厚さを異なるものとした複数の積層型圧電素子と、各積層型圧電素子の圧電効果により発生する電気信号を検出する検出手段を設けたものである。

【0024】構成する圧電素子が薄いものはその圧電効果が高いため、低周波数で大きな変位を検出するのに適する。一方、構成する圧電素子が厚いものはその圧電効果が低いため、高周波数で小さな変位を検出するのに適する。従って、圧電素子の厚さを異なるものとした複数の40積層型圧電素子を用いることにより、検出範囲を広くすることが可能になる。この場合、各積層型圧電素子を一体化する必要はない。

【0025】また、請求項9に係る超音波モータは、構成する圧電素子の厚さを異なるものとした複数の積層型圧電素子を一体化すると共にこの積層型圧電素子に振動変換部材を設け、さらに、各積層型圧電素子に対して電圧を印加する駆動手段と、この駆動手段を制御して電圧を印加する積層型圧電素子を選択する制御手段とを設け、前記振動変換部材を振動接触させることで移動体を50

駆動するものである。

【0026】各積層型圧電素子は、構成する圧電素子の厚さがそれぞれ異なるから、電圧を印加する積層型圧電素子を選択することにより、積層型圧電素子に設けた振動変換部材の変位量が異なるものとなる。また、この振動変換部材が移動体に接触することにより当該移動体が移動するのであるから、結局、積層型圧電素子を選択することにより、移動体の移動量を制御することができる。なお、移動体は回転運動のみならず直線運動であってもよい。

【0027】また、請求項10に係る超音波モータは、第1の積層型圧電素子を構成する圧電素子の厚さを、第2の積層型圧電素子を構成する圧電素子よりも薄くし、当該第1および第2の積層型圧電素子を積み重ねて一体化すると共に当該一体化した積層型圧電素子の側面に振動変換部材を取り付け、さらに、各積層型圧電素子に対して周波電圧を印加する駆動手段を設け、前記第1の積層型圧電素子により縦振動を励振し、前記第2の積層型圧電素子により屈曲振動を励振し、前記振動変換部材を移動体に振動接触させることで当該移動体を駆動するものである。

【0028】第1の積層型圧電素子による縦振動と第2の積層型圧電素子の屈曲振動により振動変換部材が楕円運動を起こす。この振動変換部材が移動体に接触すると、摩擦力により移動体が移動する。なお、移動体は回転運動のみならず直線運動であってもよい。

【0029】

【発明の実施の形態】以下、この発明につき図面を参照しつつ詳細に説明する。なお、この実施の形態によりこの発明が限定されるものではない。

実施の形態1. 図1は、この発明の実施の形態1にかかる積層型圧電素子を示す構造図である。この積層型圧電素子100は、第1の積層型圧電素子110と第2の積層型圧電素子120とを厚み方向に重ねた一体構造であり、第1の積層型圧電素子110は、第2の積層型圧電素子120を構成する圧電素子121よりも薄い圧電素子111を積層したものである。第1の積層形圧電素子110では、各圧電素子111の間に電極112が設けられており、一層おきに外部で電氣的に並列接続されている。圧電素子111、121には、例えばPZT（チタン酸ジルコン酸鉛）、チタン酸バリウム、酸化チタンなどをを用いることができ、この他に電圧を加えると変形する材料であれば適宜使用することができる。この圧電素子111、121は、厚み方向に分極処理されている。また、第2の積層形圧電素子120においても、各圧電素子121の間に電極122が設けられており、一層おきに外部で電氣的に並列接続されている。

【0030】第1の積層形圧電素子110と第2の積層形圧電素子120には、別々に周波電圧が印加される。具体的な回路構成については、下記の実施の形態にて例

示する。圧電素子 1 1 1、1 2 1 の変位は、その縦効果を利用するものとし、厚さが薄いほど低い電圧で大きな変位を得ることができる。このため、同じ厚み（積層数は異なる）では、第 1 の積層形圧電素子 1 1 0 のほうが第 2 の積層形圧電素子 1 2 0 よりも得られる変位量が大きくなる。

【0 0 3 1】つぎに、この積層形圧電素子 1 0 0 の製造方法について説明する。まず、仮焼粉末に有機溶剤、バインダ、可塑剤および分散剤を添加すると共にこれらを混合してスラリーを作成する。なお、仮焼粉末を用いるのは、焼成による寸法変化などを防止するためである。続いて、前記スラリーをポリエステル製キャリアフィルム上に厚さ 1 0 0  $\mu\text{m}$  程度でキャストする。スラリーが乾燥したら、キャストフィルムから剥離してグリーンシートを得る（テープキャスト法）。このグリーンシートを第 1 の積層形圧電素子 1 1 0 に用いるとすれば、第 2 の積層形圧電素子 1 2 0 に用いるグリーンシートを得るには、スラリーを厚めにキャストする必要がある。グリーンシートの厚みを変えるには、テープキャスト装置のドクターブレードとキャリアシートとの間隔を広くすればよい。そして、このグリーンシートを所定寸法の矩形状に打ち抜き、その片面に内部電極用導体ペーストを形成する。この導体ペーストは厚さが数  $\mu\text{m}$  程度であって、スクリーン印刷により形成することができる。また、電極 1 1 2、1 2 2 は、各圧電素子 1 1 1、1 2 1 の表裏でずらして形成する。

【0 0 3 2】まず、厚い方のグリーンシートを金型内に 4 枚積層して第 2 の積層型圧電素子 1 2 0 とすると共に更にその上に薄い方のグリーンシート 6 枚積層し、高圧でプレス成形する。これにより厚さの異なる圧電素子 1 1 1、1 2 1 が積層一体化する。プレス時の温度は約 1 0 0  $^{\circ}\text{C}$  程度であるが、この温度は、用いる有機バインダの軟化温度により決定される。脱脂工程に入ると、5 0 0  $^{\circ}\text{C}$  ~ 6 0 0  $^{\circ}\text{C}$  まで温度を上げてゆっくりと加熱することで、含まれている有機バインダを熱分解し、除去するようにする。その後、耐火煉瓦を用いた電気炉内にて 1 0 0 0 ~ 1 2 0 0  $^{\circ}\text{C}$  で焼成する。焼成中は、誤差が 2  $^{\circ}\text{C}$  程度になるように精密に温度制御を行う。最後に積層した圧電素子 1 1 1、1 2 1 の両面に電極 1 1 2、1 2 2 を塗布して焼き付ける。上記したように電極 1 1 2、1 2 2 は圧電素子 1 1 1、1 2 1 の表裏でずらして成形されているから、短絡電極 1 1 3、1 2 3 に対して当該電極 1 1 2、1 2 2 が一つおきに短絡し、並列接続される。

【0 0 3 3】以上、この積層型圧電素子 1 0 0 では、第 2 の積層型圧電素子 1 2 0 と第 1 の積層型圧電素子 1 1 0 との組み合わせにより、2 つ以上の駆動力、変位量の発生ならびに検出が容易になる。また、複雑な駆動回路を有することなく、微動（第 2 の積層型圧電素子 1 2

0）と粗動（第 1 の積層型圧電素子 1 1 0）が可能になる。また、高周波数で且つ微小変位の検出（第 1 の積層型圧電素子 1 1 0）と低周波数で且つ大きな変位の検出（第 2 の積層型圧電素子 1 2 0）が可能になる。

【0 0 3 4】実施の形態 2. 図 2 は、この発明の実施の形態 2 にかかる積層型圧電素子を示す構造図である。この積層型圧電素子 2 0 0 は、第 1 の積層型圧電素子 2 1 0 と第 2 の積層型圧電素子 2 2 0 とを並列に一体化した構造であり、第 1 の積層型圧電素子 2 1 0 は、第 2 の積層型圧電素子 2 2 0 を構成する圧電素子 2 2 1 よりも薄い圧電素子 2 1 1 を積層したものである。各圧電素子 2 1 1、2 2 1 は、その両面に電極 2 1 2、2 2 2 が形成されており、それぞれ厚み方向に分極処理されている。この積層型圧電素子 2 0 0 では、例えば同位相の電圧を印加した場合、第 1 の積層型圧電素子 2 1 0 と第 2 の積層型圧電素子 2 2 0 とで変位が異なるから、図 3 に示すように、それぞれの上面にブリッジ 2 5 0 を形成してその中心にミラー 2 5 1 を取り付ければ、ミラー角度を変更することができる。同位相の電圧を印加すると第 2 の積層型圧電素子 2 2 0 よりも第 1 の積層型圧電素子 2 1 0 の変位の方が大きいので、ミラー 2 5 1 が時計回りに傾いて光線 L の反射方向を変えることができる。例えばレーザ光の走査ミラーなどに応用できる。

【0 0 3 5】この積層型圧電素子 2 0 0 は、上記実施の形態 1 と略同様の方法によって製造することができ、各第 1 および第 2 の積層型圧電素子 2 1 0、2 2 0 の構成は実施の形態 1 と同様であるから、詳細な説明は省略する。なお、第 1 の積層型圧電素子 2 1 0 と第 2 の積層型圧電素子 2 2 0 とに介在する短絡電極 2 1 3 は共通電極となり、焼成前に予め塗布しておく。かかる構成であっても、上記同様の効果を奏することができると共に変位量の差を利用して各種の装置（図 3 参照）に応用することができる。

【0 0 3 6】実施の形態 3. 図 4 は、この発明の実施の形態 3 にかかる積層型圧電素子を示す構造図である。この積層型圧電素子 3 0 0 は、実施の形態 1 にかかる積層型圧電素子 1 0 0 と略同一の構造であるが、第 2 の積層型圧電素子 3 2 0 を構成する圧電素子 3 2 1 の厚みが、第 1 の積層型圧電素子 3 1 0 を構成する圧電素子 3 1 1 の厚み (t) の整数倍 ( $n \cdot t$ : n は整数) になっている点異なる。これ以外は、実施の形態 1 と同様であるから説明を省略する。通常、所望厚さの圧電素子を作成するには、最も薄肉の圧電素子を作成しておき、この圧電素子を必要枚数だけ積層焼結するようにしている。このため、基本となる圧電素子の整数倍にすることで、積層型圧電素子 3 0 0 を製造しやすくなる。

【0 0 3 7】実施の形態 4. 図 5 は、この発明の実施の形態 4 にかかる積層型圧電素子を示す構造図である。この積層型圧電素子 4 0 0 は、構成する圧電素子の厚さが異なる 3 種類の積層型圧電素子 4 1 0、4 2 0、4 3 0



を組み合わせて一体化したものである。第1の積層型圧電素子410を構成する圧電素子411は、第2の積層型圧電素子420を構成する圧電素子421の半分の厚さであり、第3の積層型圧電素子430を構成する圧電素子431の厚さは、第1の積層型圧電素子410を構成する圧電素子411の厚さの半分である。さらに、第1の積層型圧電素子410の面積は、第2の積層型圧電素子420の面積の半分であり、第3の積層型圧電素子430の面積は、第1の積層型圧電素子410と第2の積層型圧電素子420とを加えた面積と同じである。圧電素子の面積が大きいほど発生力が大きくなる。

【0038】各第1～第3の積層型圧電素子410～430は、上記実施の形態1にて説明した工程により作成するが、第3の積層型圧電素子430については分割構造とし、その分割面が第1と第2の積層型圧電素子410、420の接合面と同位置になるようにする。焼成する際にこの分割面に短絡電極432となる導電ペーストを塗布し、第1と第2の積層型圧電素子410、420の共通電極412、第3の積層型圧電素子430の左側と右側との共通電極432とする。第3の積層型圧電素子430については2分割構造し、独立に通電可能な構造にしているので、左側と右側とを独立に駆動することができる。さらに、第1と第2の積層型圧電素子410、420を独立に駆動可能であるから、この積層型圧電素子400によれば、より複雑な変形を行うことができる。

【0039】実施の形態6. 図6は、上記積層型圧電素子100を圧電アクチュエータに応用する場合の回路構成を示すブロック図である。この圧電アクチュエータ100は、上記第1の積層型圧電素子110および第2の積層型圧電素子120と、第1の積層型圧電素子110を駆動する第1駆動回路601と、第2の積層型圧電素子120を駆動する第2駆動回路602と、第1駆動回路601および第2駆動回路602を制御する制御回路603と、制御回路603に動作指示の信号を与える指示部604と、積層型圧電素子100に設けた出力取出部605と、積層型圧電素子100を固定支持する固定支持台606とから構成されている。

【0040】制御回路603は、指示部604からの指示に従い各駆動回路601、602に制御信号を送出する。駆動回路601、602では、制御信号に基づき所定の直流電圧を積層型圧電素子100に印加する。また、指示部604からの信号により第1の積層型圧電素子110と第2の積層型圧電素子120との選択が行われ、例えば第1の積層型圧電素子110を駆動する場合は、第1駆動回路601に制御信号を送出する。これにより第1の積層型圧電素子110が粗動変位する。また、第2の積層型圧電素子120を駆動する場合は、第2駆動回路602に制御信号を送出することで、第2の積層型圧電素子120が微動変位する。

【0041】図7は、この圧電アクチュエータに応用した超音波モータの構成例を示す説明図である。この積層型圧電素子100に突起651を持った振動体652を接合し、突起先端を斜めに形成する。そして、この突起651に対向して移動体653を配置する。なお、積層型圧電素子100の他面は、固定支持台606に固定されている。この状態で積層型圧電素子100を振動させると、突起651先端が移動体653に連続的に接触し、移動体653を一方向に移動させる。制御回路603により第1の積層型圧電素子110を選択駆動すると、第1の積層型圧電素子110が微動変位するため、移動体653の移動量は小さくなる。一方、第2の積層型圧電素子120を選択駆動すると、第2の積層型圧電素子120が粗動変位するので、移動体653の移動量は大きくなる。

【0042】実施の形態7. 図8は、上記積層型圧電素子を圧電センサに応用する場合の回路構成を示すブロック図である。図9は、この圧電アクチュエータの具体的構成例を示す説明図である。この圧電センサ700は、固定支持部701の一方側に第1の積層型圧電素子110を、他方側に第2の積層型圧電素子120を接合した構成である。また、第1および第2の積層型圧電素子110、120は検出回路702に接続されており、この検出回路702から送出した信号は信号増幅・整形回路703により増幅・整形される。第1の積層型圧電素子110は、各圧電素子が薄いため低周波数で大きな変位の検出が可能である。第2の積層型圧電素子120は、各圧電素子が厚いため高周波数で小さな変位の検出が可能である。

【0043】実施の形態8. 図10は、上記積層型圧電素子を超音波モータに応用する場合の回路構成を示すブロック図である。図11は、超音波モータの具体的構成例を示す説明図である。積層型圧電素子100は、振動体支持部材801により支持台802上に固定されている。積層型圧電素子100の側面には振動変換部材803が設けられており、この振動変換部材803は移動体804と接触している。移動体804はその中心軸805により軸支されている。中心軸805は、支持台802に固定されている。

【0044】第1の積層型圧電素子110は、駆動回路806により周波電圧を印加することで縦振動を励振する。この場合、第1の積層型圧電素子110を構成する各圧電素子111の横効果を利用して伸縮運動をおこさせることになる。第2の積層型圧電素子120は、パイモルフ変位素子として用い、周波電圧を印加することにより一方の圧電素子121に縮み変位を、もう一方の圧電素子121に伸び変位を起こさせて屈曲振動を励振させる。この縦振動と屈曲振動との組み合わせにより、振動変換部材803が移動体804の表面に対して楕円運動を行う。この振動変換部材803と移動体804との



間の摩擦力により移動体 804 が回転する。なお、本実施の形態では、第 1 の積層型圧電素子で伸縮運動、第 2 の積層型圧電素子で屈曲運動を起こすことにより、トルクの大きな超音波モータを実現する場合を示したが、反対に第 1 の積層型圧電素子で屈曲振動、第 2 の積層型圧電素子で伸縮運動を起こすようにして、回転数を速くすることも容易に実施でき、本願に該当するものである。

【0045】

【発明の効果】以上説明したように、この発明の積層型圧電素子（請求項 1）によれば、一体化した各積層型圧電素子を構成する圧電素子の厚みを変えることにより、簡単な制御回路で変位量の制御が可能になる。

【0046】つぎに、この発明の積層型圧電素子（請求項 2）によれば、第 1 の積層型圧電素子を構成する圧電素子の厚みを、第 2 の積層型圧電素子を構成する圧電素子よりも薄くした。このため、第 1 および第 2 の積層型圧電素子を選択することで簡単に変位ならびに駆動力を制御することができる。

【0047】つぎに、この発明の積層型圧電素子（請求項 3）では、第 1 の積層型圧電素子と第 2 の積層型圧電素子とを並設したので、複雑な変位を行うことができる。

【0048】つぎに、この発明の積層型圧電素子（請求項 4）では、構成する圧電素子の厚さが異なる他の積層型圧電素子を一体化したので、より複雑で緻密な変位制御が可能になる。

【0049】つぎに、この発明の積層型圧電素子（請求項 5）では、各積層型圧電素子を構成する圧電素子の厚さの比を整数値としたので、製造しやすい。

【0050】つぎに、この発明の積層型圧電素子（請求項 6）では、各積層型圧電素子の面積を異なるものとしたため、変位量の制御に加えて発生力の制御を行うことができる。

【0051】つぎに、この発明の圧電アクチュエータ（請求項 7）では、電圧を印加する積層型圧電素子を選択して変位量を制御するようにしたので、簡単な回路で変位制御が可能になる。

【0052】つぎに、この発明の圧電センサ（請求項 8）では、圧電素子の厚さを異なるものとした複数の積層型圧電素子を用いることで、検出できる範囲を広くすることができる。

【0053】つぎに、この発明の超音波モータ（請求項 9）では、積層型圧電素子を選択することにより移動体の移動量を制御できるから、簡単な回路で移動量を制御可能になる。

【0054】つぎに、この発明の超音波モータ（請求項

10）では、一体化した積層型圧電素子の第 1 の積層型圧電素子により縦振動を励振し、前記第 2 の積層型圧電素子により屈曲振動を励振し、前記振動変換部材を移動体に振動接触させることで当該移動体を駆動するようにしたので、簡易な構造により超音波モータを構成できる。

【図面の簡単な説明】

【図 1】この発明の実施の形態 1 にかかる積層型圧電素子を示す構造図である。

【図 2】この発明の実施の形態 2 にかかる積層型圧電素子を示す構造図である。

【図 3】図 2 の積層型圧電素子の具体的応用例を示す説明図である。

【図 4】この発明の実施の形態 4 にかかる積層型圧電素子を示す構造図である。

【図 5】この発明の実施の形態 5 にかかる積層型圧電素子を示す構造図である。

【図 6】積層型圧電素子を圧電アクチュエータに応用する場合の回路構成を示すブロック図である。

【図 7】図 6 に示した圧電アクチュエータを応用した超音波モータの構成例を示す説明図である。

【図 8】積層型圧電素子を圧電センサに応用する場合の回路構成を示すブロック図である。

【図 9】図 8 に示した圧電アクチュエータの具体的構成例を示す説明図である。

【図 10】積層型圧電素子を超音波モータに応用する場合の回路構成を示すブロック図である。

【図 11】図 10 に示した超音波モータの具体的構成例を示す説明図である。

【図 12】従来の積層型圧電素子の一例を示す構造図である。

【図 13】積層型圧電素子を用いたアクチュエータを示す構成図である。

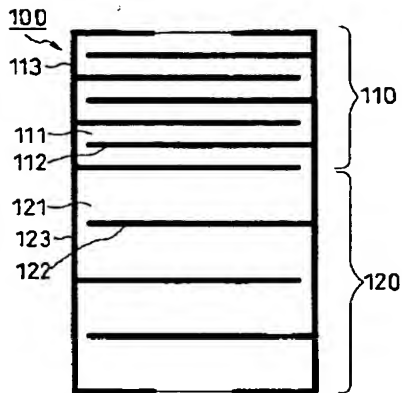
【図 14】積層型圧電素子の他の従来例を示す断面図であり、特開平 8-213664 号公報に開示のものである。

【図 15】従来の積層型圧電素子を用いたセンサの一例を示す構成図である。

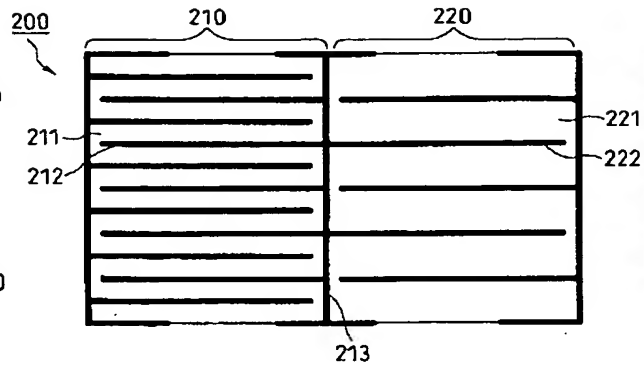
【符号の説明】

100 積層型圧電素子  
110 第 1 の積層型圧電素子  
111 圧電素子  
112 電極  
120 第 2 の積層型圧電素子  
121 圧電素子  
122 電極

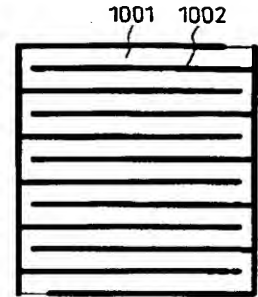
【図 1】



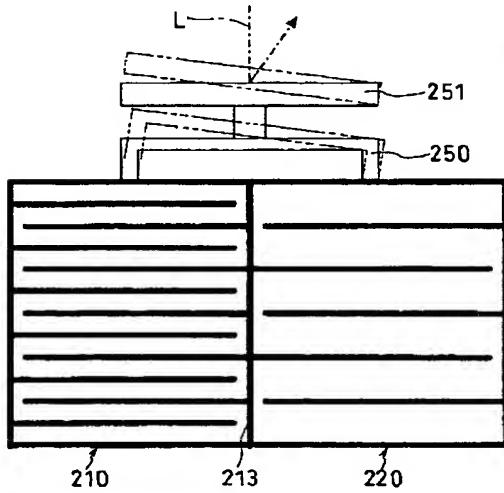
【図 2】



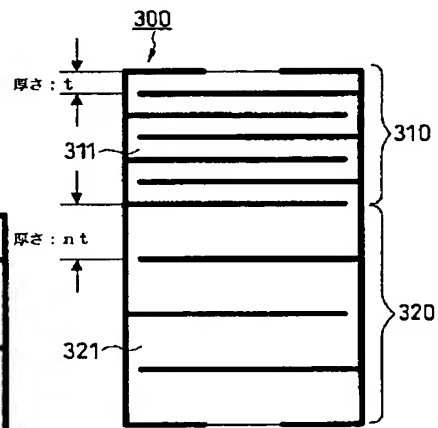
【図 12】



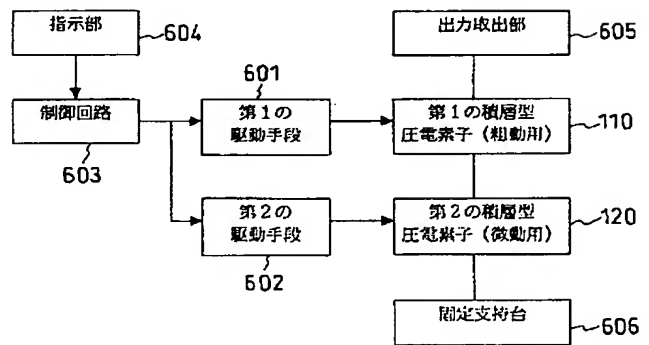
【図 3】



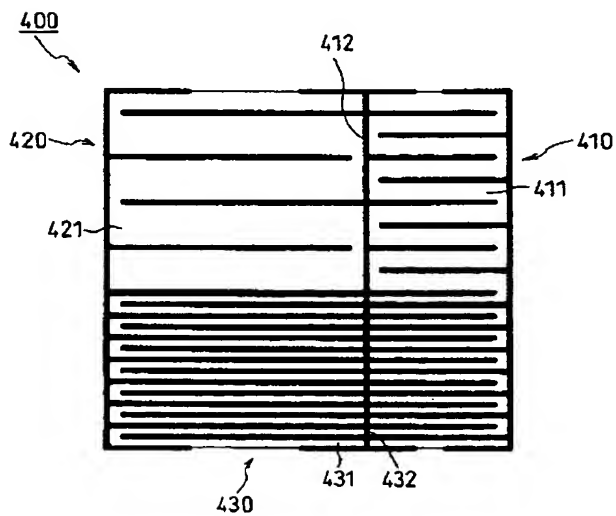
【図 4】



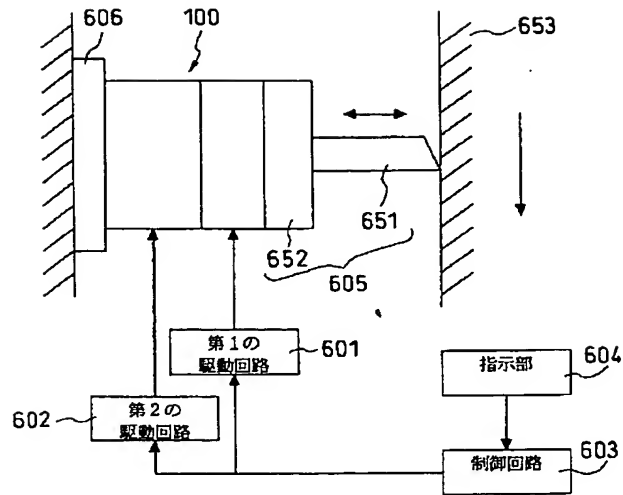
【図 6】



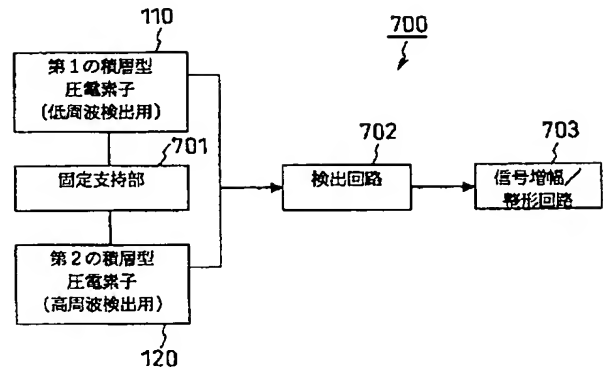
【図 5】



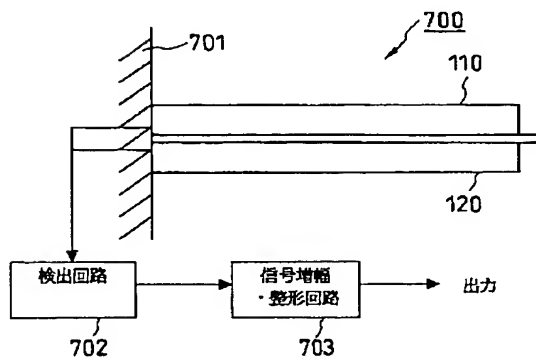
【図 7】



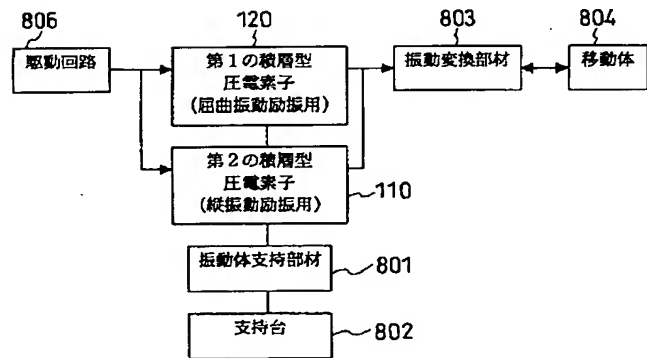
【図 8】



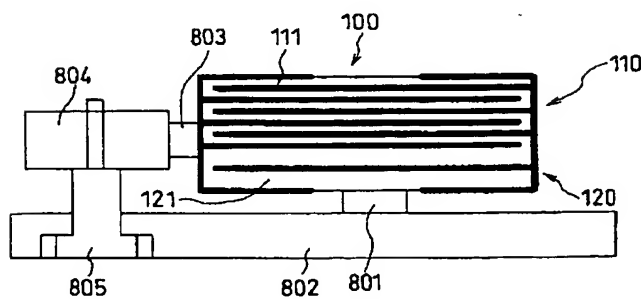
【図 9】



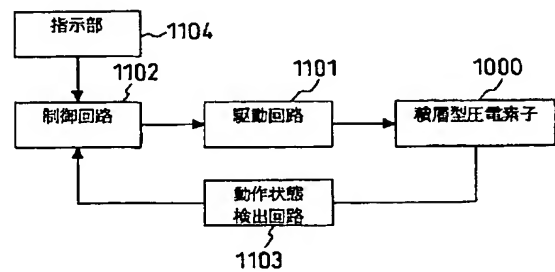
【図 10】



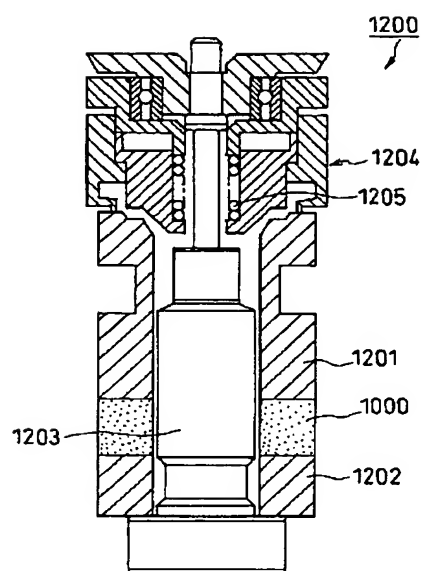
【図 11】



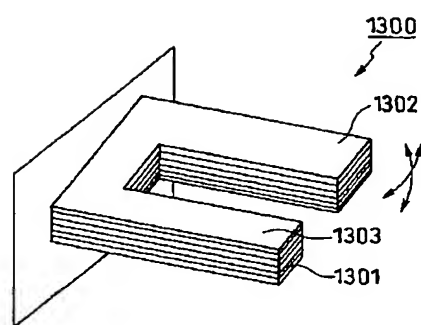
【図 13】



【図 14】



【図 15】



フロントページの続き

Fターム(参考) 5H680 AA00 BB01 BB13 BB15 CC02  
DD01 DD15 DD23 DD27 DD28  
DD37 DD46 DD53 DD67 DD92  
DD95 FF23 GG02

## \* NOTICES \*

Japan Patent Office is not responsible for any damages caused by the use of this translation.

1. This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.
2. \*\*\*\* shows the word which can not be translated.
3. In the drawings, any words are not translated.

## CLAIMS

## [Claim(s)]

[Claim 1] The laminating type piezoelectric device which carries out the laminating of the piezoelectric device of different thickness from this piezoelectric device, and is characterized by having constituted another laminating type piezoelectric device and unifying these laminating type piezoelectric device while carrying out the laminating of the piezoelectric device of the same thickness and constituting a laminating type piezoelectric device.

[Claim 2] The laminating type piezoelectric device which makes thinner than the piezoelectric device which constitutes the 2nd laminating type piezoelectric device thickness of the piezoelectric device which constitutes the 1st laminating type piezoelectric device, and is characterized by unifying the 1st and 2nd laminating type piezoelectric devices concerned in the thickness direction.

[Claim 3] The laminating type piezoelectric device which makes thinner than the piezoelectric device which constitutes the 2nd laminating type piezoelectric device thickness of the piezoelectric device which constitutes the 1st laminating type piezoelectric device, and is characterized by having installed the 1st and 2nd laminating type piezoelectric devices concerned, and unifying.

[Claim 4] Furthermore, the laminating type piezoelectric device according to claim 2 or 3 characterized by unifying other laminating type piezoelectric devices from which the thickness of the piezoelectric device to constitute differs.

[Claim 5] The laminating type piezoelectric device of any one publication of the claim 2-4 characterized by making into an integral value the ratio of the thickness of the piezoelectric device which constitutes each aforementioned laminating type piezoelectric device.

[Claim 6] The laminating type piezoelectric device of any one publication of the claim 2-5 characterized by differing the area of each aforementioned laminating type piezoelectric device.

[Claim 7] The electrostrictive actuator characterized by preparing the control means which choose the laminating type piezoelectric device which unifies two or more laminating type piezoelectric devices which shall be different in the thickness of the piezoelectric device to constitute, controls these driving means while preparing the driving means which impress voltage to each laminating type piezoelectric device, and impresses voltage.

[Claim 8] The piezo-electric sensor characterized by establishing a detection means to detect the electrical signal which generates the thickness of the piezoelectric device to constitute by the piezoelectricity effect of two or more different laminating type piezoelectric devices and each laminating type piezoelectric device.

[Claim 9] The ultrasonic motor characterized by to drive a mobile by preparing oscillating transducer material in this laminating type piezoelectric device while unifying two or more laminating type piezoelectric devices which shall be different in the thickness of the piezoelectric device to constitute, preparing further the driving means which impress voltage to each laminating type piezoelectric device, and the control means which choose the laminating type piezoelectric device which controls these driving means and impresses voltage, and carrying out oscillating contact of the aforementioned oscillating transducer material.

[Claim 10] Thickness of the piezoelectric device which constitutes the 1st laminating type piezoelectric device is made thinner than the piezoelectric device which constitutes the 2nd laminating type piezoelectric device. While accumulating the 1st and 2nd laminating type piezoelectric devices concerned and unifying, oscillating transducer material is attached in the side of the unified laminating type piezoelectric device concerned. Furthermore, the driving means which impress cycle voltage to each laminating type piezoelectric device are prepared. The ultrasonic motor characterized by driving the mobile concerned by exciting longitudinal oscillation by the laminating type piezoelectric device of the above 1st, exciting crookedness vibration by the laminating type piezoelectric device of the above 2nd, and making a mobile carry out oscillating contact of the aforementioned oscillating transducer material.

[Translation done.]

## \* NOTICES \*

Japan Patent Office is not responsible for any damages caused by the use of this translation.

1. This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.
2. \*\*\*\* shows the word which can not be translated.
3. In the drawings, any words are not translated.

## DETAILED DESCRIPTION

## [Detailed Description of the Invention]

[0001]

[The technical field to which invention belongs] This invention relates to the electrostrictive actuator and the piezo-electric sensor using the laminating type piezoelectric device and this in which displacement control is possible, and an ultrasonic motor by the easy control circuit.

[0002]

[Description of the Prior Art] Drawing 12 is structural drawing showing an example of the conventional laminating type piezoelectric device. This laminating type piezoelectric device 1000 consists of electrodes 1002 prepared between the piezoelectric device 1001 of two or more sheets, and each piezoelectric device 1001. Generally, since the piezo-electric longitudinal effect generates a twice [ about ] as many variation rate as this under the same electric field as compared with the transversal effect, it becomes what has a high energy conversion efficiency. For this reason, polarization processing of each piezoelectric device 1001 which carried out the laminating is carried out in the thickness direction, respectively. Moreover, an electrode 1002 is shifted [ to set further ] and formed and has carried out parallel connection electrically externally. Although adhesion may perform the laminating of a piezoelectric device 1001, it unifies by the green-sheet method, and it is [ way ] advantageous in respect of reliability and mass-production nature, and it can thin-shape-ize a piezoelectric device 1001. If driver voltage is impressed to this laminating type piezoelectric device 1000, the variation rate of the direction of a laminating can be obtained by expansion and contraction of each piezoelectric device 1001.

[0003] Drawing 13 is the block diagram showing the actuator which used the laminating type piezoelectric device. This actuator 1100 consists of the aforementioned laminating type piezoelectric device 1000, the drive circuit 1101 which drives the laminating type piezoelectric device 1000, a control circuit 1102 which controls the drive circuit 1101, an operating state detector 1103 which feeds back the operating state of the laminating type piezoelectric device 1000 to a control circuit 1102, and the directions section 1104 which gives the signal of directions of operation to a control circuit 1102. A control circuit 1102 sends out a control signal to the drive circuit 1101 according to the directions from the directions section 1104. In the drive circuit 1101, predetermined direct current voltage is impressed to the laminating type piezoelectric device 1000 based on a control signal. The amount of displacement of the laminating type piezoelectric device 1000 is detected by the operating state detector 1103, and is fed back to a control circuit 1102. A control circuit 1102 sends out a control signal to the drive circuit 1101 until it becomes desired value.

[0004] Drawing 14 is the cross section showing other conventional examples of a laminating type piezoelectric device, and is the thing of the indication to JP,8-213664,A. This laminating type piezoelectric device 1000 is applied to a lingerie van type ultrasonic motor, and serves as structure which this ultrasonic motor 1200 sandwiched the laminating type piezoelectric device 1000 by elastic bodies 1201 and 1202, and fixed the center with the bolt 1203. Body of revolution 1204 is carrying out pressurization contact at the end face of an elastic body 1201, and this contact pressure is regulated by the bundle force of a bolt 1203, and the elastic force of a spring 1205. If cycle voltage is impressed to the laminating type piezoelectric device 1000, the vibration will get across to an elastic body 1201, and body of revolution 1204 will rotate with the frictional force between this elastic body 1201 and body of revolution 1204.

[0005] Drawing 15 is the block diagram showing an example of the sensor using the conventional laminating type piezoelectric device. This sensor 1300 is specifically an acceleration sensor, a piezo-electric gyroscope, etc. This acceleration sensor 1300 is the structure which carried out laminating baking of the tabular piezo electric crystal 1301 of two or more sheets which carried out the U character configuration. An acceleration sensor 1300 uses the piezoelectricity effect (voltage is obtained by deforming) of a piezoelectric device, and two beam portions 1302 and 1303 are generating current horizontally feeble by bending perpendicularly. If this current is amplified, it can use as a sensor signal. Moreover, the beam portions 1302 and 1303 are good not only as for two but three. Thus, according to the ultrasonic motor, actuator, and sensor using the laminating type piezoelectric device 1000, the whole can be

miniaturized.

[0006]

[Problem(s) to be Solved by the Invention] However, in order to have to use the control circuit using driver voltage which is different in order to control the amount of displacement by the above-mentioned conventional laminating type piezoelectric device 1000, since a fixed variation rate is carried out when using as an actuator and the voltage impressed to each piezoelectric device 1001 is fixed, there was a trouble that circuitry will become complicated.

[0007] Although the rotational frequency could next be made high by the above-mentioned ultrasonic motor 1200 when torque could be enlarged when longitudinal oscillation was strengthened, and torsional oscillation was strengthened, when strength tended to be attached to longitudinal oscillation, for example and it was going to adjust torque, since the thickness of a piezoelectric device 1001 was the same, a different cycle voltage generating means whose number is two was needed, and there was a trouble that a control circuit was similarly complicated. Furthermore, by the above-mentioned sensor 1300, since the thickness of the tabular piezo electric crystal 1301 which constitutes a laminating type piezoelectric device was the same, there was a trouble that the detectable size and detectable frequency of a variation rate were restrained.

[0008] Then, this invention is made in view of the above, and aims at offering the electrostrictive actuator and the piezo-electric sensor using the laminating type piezoelectric device and this in which displacement control is possible, and an ultrasonic motor by the easy control circuit. Moreover, it aims at offering the piezo-electric sensor which can make the detection range large.

[0009]

[Means for Solving the Problem] In order to attain the above-mentioned purpose, the laminating type piezoelectric device concerning a claim 1 carries out the laminating of the piezoelectric device of different thickness from this piezoelectric device, constitutes another laminating type piezoelectric device, and unifies these laminatings type piezoelectric device while it carries out the laminating of the piezoelectric device of the same thickness and constitutes a laminating type piezoelectric device.

[0010] A piezoelectric device can obtain the variation rate at a low battery with the thinner big one. For this reason, the different amount of displacement can be obtained by changing the thickness of the piezoelectric device which constitutes each laminating type piezoelectric device. You may make it this laminating type piezoelectric device unify not only 3 sets or more of [ when unifying 2 sets of laminating type piezoelectric devices, but ] laminating type piezoelectric devices. Moreover, thickness of the piezoelectric device to constitute is not cared about as for more than it as for two kinds in unifying 3 or more sets of laminating type piezoelectric devices. Thus, control of the amount of displacement is attained only by choosing each laminating type piezoelectric device by unifying the laminating type piezoelectric device from which the thickness of a piezoelectric device differs. Moreover, complicated displacement control becomes possible by selection of each laminating type piezoelectric device.

[0011] Moreover, the laminating type piezoelectric device concerning a claim 2 makes thinner than the piezoelectric device which constitutes the 2nd laminating type piezoelectric device thickness of the piezoelectric device which constitutes the 1st laminating type piezoelectric device, and unifies the 1st and 2nd laminating type piezoelectric devices concerned in the thickness direction.

[0012] Since the 1st laminating type piezoelectric device carries out the laminating of the thin piezoelectric device and constitutes it from a piezoelectric device which constitutes the 2nd laminating type piezoelectric device, it can obtain the amount of displacement with the bigger laminating type piezoelectric-device way of \*\* a 1st than the 2nd laminating type piezoelectric device. If the 1st and 2nd laminating type piezoelectric device is accumulated in the thickness direction, the different amount of displacement in the thickness direction can be obtained. What is necessary is just to impress voltage alternatively to the 1st laminating type piezoelectric device or the 2nd laminating type piezoelectric device, when controlling the amount of displacement. Moreover, the maximum amount of displacement is obtained by impressing voltage to both the 1st and 2nd laminating type piezoelectric devices.

[0013] Moreover, the laminating type piezoelectric device concerning a claim 3 makes thinner than the piezoelectric device which constitutes the 2nd laminating type piezoelectric device thickness of the piezoelectric device which constitutes the 1st laminating type piezoelectric device, installs the 1st and 2nd laminating type piezoelectric devices concerned, and unifies.

[0014] It is as having described the variation rate of the 1st laminating type piezoelectric device and the 2nd laminating type piezoelectric device in the top. Moreover, a complicated variation rate can be performed by installing this the 1st and 2nd laminating type piezoelectric device. For example, a controlled system-ed can be made to rock using the difference of the amount of displacement of the 1st laminating type piezoelectric device and the 2nd laminating type piezoelectric device. It explains to the example in the gestalt of operation.

[0015] Moreover, the laminating type piezoelectric device concerning a claim 4 unifies other laminating type piezoelectric devices from which the thickness of the piezoelectric device to constitute differs further in the above-



mentioned laminating type piezoelectric device.

[0016] By unifying other laminating type piezoelectric devices which carried out the laminating of the piezoelectric device of thickness different furthermore, more complicated and precise displacement control becomes possible.

[0017] Moreover, the laminating type piezoelectric device concerning a claim 5 makes an integral value the ratio of the thickness of the piezoelectric device which constitutes each aforementioned laminating type piezoelectric device in the above-mentioned laminating type piezoelectric device.

[0018] Usually, in order to create the piezoelectric device of request thickness, the piezoelectric device of thin meat is created most and only required number of sheets is made to carry out laminating sintering of this piezoelectric device. For this reason, it becomes easy to manufacture a laminating type piezoelectric device by making it the integral multiple of a basic piezoelectric device.

[0019] Moreover, the laminating type piezoelectric devices concerning a claim 6 shall differ the area of each aforementioned laminating type piezoelectric device in the above-mentioned laminating type piezoelectric device.

[0020] The generating force acquired by the piezoelectric device differs by changing area. For example, when the area of the 2nd laminating type piezoelectric device is larger than the area of the 1st laminating type piezoelectric device, as for the generating force, the way of the 2nd laminating type piezoelectric device becomes large. For this reason, control of the generating force is attained by choosing the 1st or 2nd laminating type piezoelectric device.

[0021] Moreover, the electrostrictive actuator concerning a claim 7 unifies two or more laminating type piezoelectric devices which shall be different in the thickness of the piezoelectric device to constitute, and it prepares the control means which choose the laminating type piezoelectric device which controls these driving means and impresses voltage while it prepares the driving means which impress voltage to each laminating type piezoelectric device.

[0022] When the thickness of the piezoelectric device to constitute differs, even if it impresses this voltage by driving means, the amounts of displacement differ. For this reason, the amount of displacement of an electrostrictive actuator is controllable by choosing by control means whether it is impressed by which laminating type piezoelectric device. For example, if the piezoelectric device to constitute impresses voltage to the thinner one to two kinds of laminating type piezoelectric devices, a big variation rate will be obtained, and if voltage is impressed to the thicker one, a small variation rate will be obtained. Moreover, if it is made to impress voltage to both laminating type piezoelectric devices, the greatest variation rate will be obtained.

[0023] Moreover, the piezo-electric sensor concerning a claim 8 establishes a detection means to detect the electrical signal which generates the thickness of the piezoelectric device to constitute by the piezoelectricity effect of two or more different laminating type piezoelectric devices and each laminating type piezoelectric device.

[0024] Since the piezoelectricity effect of what has the thin piezoelectric device to constitute is high, it is suitable for detecting a big variation rate by low frequency. On the other hand, what has the thick piezoelectric device to constitute is suitable for the piezoelectricity effect detecting a small variation rate by high frequency for a low reason. Therefore, it becomes possible to make the detection range large by using two or more laminating type piezoelectric devices which shall be different in the thickness of a piezoelectric device. In this case, it is not necessary to unify each laminating type piezoelectric device.

[0025] Moreover, the ultrasonic motor concerning a claim 9 prepares oscillating transducer material in this laminating type piezoelectric device while unifying two or more laminating type piezoelectric devices which shall be different in the thickness of the piezoelectric device to constitute. Furthermore, the driving means which impress voltage to each laminating type piezoelectric device, and the control means which choose the laminating type piezoelectric device which controls these driving means and impresses voltage are prepared, and a mobile is driven by carrying out oscillating contact of the aforementioned oscillating transducer material.

[0026] Since the thickness of the piezoelectric device to constitute differs, respectively, when each laminating type piezoelectric device chooses the laminating type piezoelectric device which impresses voltage, the amounts of displacement of the oscillating transducer material prepared in the laminating type piezoelectric device differ. Moreover, since the mobile concerned moves when this oscillating transducer material contacts a mobile, the movement magnitude of a mobile is controllable by choosing a laminating type piezoelectric device after all. In addition, a mobile may be not only rotation but rectilinear motion.

[0027] The ultrasonic motor concerning a claim 10 moreover, the thickness of the piezoelectric device which constitutes the 1st laminating type piezoelectric device Make it thinner than the piezoelectric device which constitutes the 2nd laminating type piezoelectric device, and while accumulating the 1st and 2nd laminating type piezoelectric devices concerned and unifying, oscillating transducer material is attached in the side of the unified laminating type piezoelectric device concerned. Furthermore, the driving means which impress cycle voltage to each laminating type piezoelectric device are prepared, longitudinal oscillation is excited by the laminating type piezoelectric device of the above 1st, incurvation vibration is excited by the laminating type piezoelectric device of the above 2nd, and the mobile concerned is driven by making a mobile carry out oscillating contact of the

aforementioned oscillating transducer material.

[0028] Oscillating transducer material causes ellipse movement by the longitudinal oscillation and the incurvation vibration of the 2nd laminating type piezoelectric device by the 1st laminating type piezoelectric device. If this oscillating transducer material contacts a mobile, a mobile will move with frictional force. In addition, a mobile may be not only rotation but rectilinear motion.

[0029]

[Embodiments of the Invention] Hereafter, it explains in detail, referring to a drawing per this invention. In addition, this invention is not limited by the gestalt of this operation.

Gestalt 1. drawing 1 of operation is structural drawing showing the laminating type piezoelectric device concerning the gestalt 1 of implementation of this invention. This laminating type piezoelectric device 100 is the integral construction which piled up the 1st laminating type piezoelectric device 110 and the 2nd laminating type piezoelectric device 120 in the thickness direction, and the 1st laminating type piezoelectric device 110 carries out the laminating of the piezoelectric device 111 thinner than the piezoelectric device 121 which constitutes the 2nd laminating type piezoelectric device 120. In the 1st laminating form piezoelectric device 110, parallel connection is externally carried out electrically for forming the electrode 112 between each piezoelectric device 111, and setting further. If it is the material which will deform if PZT (titanic-acid lead zirconate), a barium titanate, titanium oxide, etc. can be used, in addition voltage is applied, it can be suitably used for piezoelectric devices 111 and 121.

Polarization processing of these piezoelectric devices 111 and 121 is carried out in the thickness direction.

Moreover, also in the 2nd laminating form piezoelectric device 120, parallel connection is externally carried out electrically for forming the electrode 122 between each piezoelectric device 121, and setting further.

[0030] Cycle voltage is separately impressed to the 1st laminating form piezoelectric device 110 and the 2nd laminating form piezoelectric device 120. About concrete circuitry, it illustrates with the gestalt of the following operation. The variation rate of piezoelectric devices 111 and 121 shall use the longitudinal effect, and it can obtain a big variation rate on low voltage, so that thickness is thin. For this reason, by the same thickness (the numbers of laminatings differ), the amount of displacement from which the 1st laminating form piezoelectric device 110 is obtained rather than the 2nd laminating form piezoelectric device 120 becomes large.

[0031] Below, the manufacture method of this laminating form piezoelectric device 100 is explained. First, while adding the organic solvent, a binder, a plasticizer, and a dispersant to temporary-quenching powder, these are mixed and a slurry is created. In addition, temporary-quenching powder is used for preventing the dimensional change by baking etc. Then, the aforementioned slurry is cast by about 100 micrometers in thickness on the carrier film made from polyester. If a slurry dries, it will exfoliate from a casting film and a green sheet will be obtained (the tape casting method). If this green sheet is used for the 1st laminating form piezoelectric device 110, in order to obtain the green sheet used for the 2nd laminating form piezoelectric device 120, it is necessary to cast a slurry more thickly. What is necessary is just to make large the interval of the doctor blade of tape casting equipment, and a carrier sheet, in order to change the thickness of a green sheet. and this green sheet -- the shape of a rectangle of a predetermined size -- piercing -- the one side -- the object for internal electrodes -- a conductor -- a paste is formed this conductor -- thickness is about several micrometers and can form a paste by screen-stencil Moreover, electrodes 112 and 122 are shifted and formed on the front reverse side of each piezoelectric devices 111 and 121.

[0032] first, the green sheet of the thicker one -- metal mold -- while carrying out a four-sheet laminating inside and considering as the 2nd laminating type piezoelectric device 120 inside, the six green-sheets laminating of the still thinner one on it is carried out, and press forming is carried out by high pressure The piezoelectric devices 111 and 121 from which thickness differs by this carry out laminating unification. This temperature is determined by the softening temperature of the organic binder to be used although the temperature at the time of a press is about about 100 degrees C. When it goes into a degreasing process, the organic binder contained is pyrolyzed and it is made to remove by raising temperature and heating slowly to 500 degrees C - 600 degrees C. Then, it calcinates at 1000-1200 degrees C within the electric furnace using the refractory brick. During baking, a temperature control is precisely performed so that it may be without error at about 2 degrees C. Electrodes 112 and 122 are applied and printed on both sides of the piezoelectric devices 111 and 121 which carried out the laminating to the last. As described above, since it shifts and is fabricated on the front reverse side of piezoelectric devices 111 and 121, to the short circuit electrodes 113 and 123, the electrodes 112 and 122 concerned short-circuit electrodes 112 and 122 alternately, and parallel connection is carried out.

[0033] As mentioned above, in this laminating type piezoelectric device 100, detection becomes easy at the generating row of two or more driving force and the amount of displacement with the combination of the 2nd laminating type piezoelectric device 120 and the 1st laminating type piezoelectric device 110. Moreover, jogging (2nd laminating type piezoelectric device 120) and the flutter (1st laminating type piezoelectric device 110) become possible, without having a complicated drive circuit. moreover, high frequency -- and minute -- detection (1st laminating type piezoelectric device 110) and low frequency of a variation rate -- and detection (2nd laminating

type piezoelectric device 120) of a big variation rate is attained

[0034] Gestalt 2. drawing 2 of operation is structural drawing showing the laminating type piezoelectric device concerning the gestalt 2 of implementation of this invention. This laminating type piezoelectric device 200 is the structure which unified the 1st laminating type piezoelectric device 210 and the 2nd laminating type piezoelectric device 220 in parallel, and the 1st laminating type piezoelectric device 210 carries out the laminating of the piezoelectric device 211 thinner than the piezoelectric device 221 which constitutes the 2nd laminating type piezoelectric device 220. Electrodes 212 and 222 are formed in the both sides, and polarization processing of each piezoelectric devices 211 and 221 is carried out in the thickness direction, respectively. In this laminating type piezoelectric device 200, when voltage in phase is impressed, for example, since the 1st laminating type piezoelectric device 210 differs in a variation rate from the 2nd laminating type piezoelectric device 220, if a bridge 250 is formed in each upper surface and a mirror 251 is attached in the center as shown in drawing 3, a mirror angle can be changed. Since the variation rate of the 1st laminating type piezoelectric device 210 is larger than the 2nd laminating type piezoelectric device 220 when voltage in phase is impressed, a mirror 251 can incline clockwise and can change the reflective direction of a beam of light L. For example, it is applicable to the scanning mirror of a laser beam etc.

[0035] the method as the gestalt 1 of the above-mentioned implementation, and abbreviation that this laminating type piezoelectric device 200 is the same -- it can manufacture -- every -- since the composition of the 1st and 2nd laminating type piezoelectric devices 210 and 220 is the same as that of the gestalt 1 of operation, detailed explanation is omitted In addition, the short circuit electrode 213 placed between the 1st laminating type piezoelectric device 210 and the 2nd laminating type piezoelectric device 220 turns into a common electrode, and is beforehand applied before baking. Even if it is this composition, while being able to do so the same effect as the above, it is applicable to various kinds of equipments (refer to drawing 3) using the difference of the amount of displacement.

[0036] Gestalt 3. drawing 4 of operation is structural drawing showing the laminating type piezoelectric device concerning the gestalt 4 of implementation of this invention. the laminating type piezoelectric device 100 which this laminating type piezoelectric device 300 requires for the gestalt 1 of operation, and abbreviation -- although it is the same structure, it differs in that the thickness of the piezoelectric device 321 which constitutes the 2nd laminating type piezoelectric device 320 is the integral multiple ( $nt:n$  is an integer) of the thickness ( $t$ ) of the piezoelectric device 311 which constitutes the 1st laminating type piezoelectric device 310 Except this, since it is the same as that of the gestalt 1 of operation, explanation is omitted. Usually, in order to create the piezoelectric device of request thickness, the piezoelectric device of thin meat is created most and only required number of sheets is made to carry out laminating sintering of this piezoelectric device. For this reason, it becomes easy to manufacture the laminating type piezoelectric device 300 by making it the integral multiple of a basic piezoelectric device.

[0037] Gestalt 4. drawing 5 of operation is structural drawing showing the laminating type piezoelectric device concerning the gestalt 5 of implementation of this invention. This laminating type piezoelectric device 400 is unified combining the laminating type piezoelectric devices 410, 420, and 430 which are three kinds from which the thickness of the piezoelectric device to constitute differs. The piezoelectric device 411 which constitutes the 1st laminating type piezoelectric device 410 is the thickness of the half of the piezoelectric device 421 which constitutes the 2nd laminating type piezoelectric device 420, and the thickness of the piezoelectric device 431 which constitutes the 3rd laminating type piezoelectric device 430 is the half of the thickness of the piezoelectric device 411 which constitutes the 1st laminating type piezoelectric device 410. Furthermore, the area of the 1st laminating type piezoelectric device 410 is the half of the area of the 2nd laminating type piezoelectric device 420, and the area of the 3rd laminating type piezoelectric device 430 is the same as the area which applied the 1st laminating type piezoelectric device 410 and the 2nd laminating type piezoelectric device 420. The generating force becomes large, so that the area of a piezoelectric device is large.

[0038] every -- the 1- although the 3rd laminating type piezoelectric device 410-430 is created according to the process explained with the gestalt 1 of the above-mentioned implementation, about the 3rd laminating type piezoelectric device 430, it considers as block construction, and is made for the parting plane to become the 1st, the plane of composition of the 2nd laminating type piezoelectric device 410 and 420, and a homotopic In case it calcinates, the conductive paste used as the short circuit electrode 432 is applied to this parting plane, and it considers as the common electrode 412 of the 1st and 2nd laminating type piezoelectric device 410 and 420, and the common electrode 432 of the left-hand side of the 3rd laminating type piezoelectric device 430, and right-hand side. Since 2 block construction is carried out about the 3rd laminating type piezoelectric device 430 and it is made the structure which can be energized independently, left-hand side and right-hand side can be driven independently. Furthermore, since the 1st and 2nd laminating type piezoelectric device 410 and 420 can be driven independently, according to this laminating type piezoelectric device 400, more complicated deformation can be performed.

[0039] Gestalt 6. drawing 6 of operation is the block diagram showing the circuitry in the case of applying the

above-mentioned laminating type piezoelectric device 100 to an electrostrictive actuator. This electrostrictive actuator 100 The laminating type piezoelectric device 110 of the above 1st, and the 2nd laminating type piezoelectric device 120, The 1st drive circuit 601 which drives the 1st laminating type piezoelectric device 110, and the 2nd drive circuit 602 which drives the 2nd laminating type piezoelectric device 120, 1st drive circuit 601 The control circuit 603 which reaches and controls the 2nd drive circuit 602, It consists of the directions section 604 which gives the signal of directions of operation to a control circuit 603, the output extraction section 605 prepared in the laminating type piezoelectric device 100, and a fixed susceptor 606 which carries out fixed support of the laminating type piezoelectric device 100.

[0040] A control circuit 603 sends out a control signal to each drive circuits 601 and 602 according to the directions from the directions section 604. In the drive circuits 601 and 602, predetermined direct current voltage is impressed to the laminating type piezoelectric device 100 based on a control signal. Moreover, when selection with the 1st laminating type piezoelectric device 110 and the 2nd laminating type piezoelectric device 120 is performed by the signal from the directions section 604, for example, it drives the 1st laminating type piezoelectric device 110, a control signal is sent out to the 1st drive circuit 601. Thereby, the 1st laminating type piezoelectric device 110 rough-\*\*\*\*\*. Moreover, when driving the 2nd laminating type piezoelectric device 120, it is sending out a control signal to the 2nd drive circuit 602, and the 2nd laminating type piezoelectric device 120 carries out jogging displacement.

[0041] Drawing 7 is explanatory drawing showing the example of composition of the ultrasonic motor adapting this electrostrictive actuator. The oscillating object 652 which had salient 651 in this laminating type piezoelectric device 100 is joined, and a salient nose of cam is formed aslant. And this salient 651 is countered and a mobile 653 is arranged. In addition, the other sides of the laminating type piezoelectric device 100 are being fixed to the fixed susceptor 606. If the laminating type piezoelectric device 100 is vibrated in this state, salient 651 nose of cam will contact a mobile 653 continuously, and, on the other hand, will move a mobile 653 to \*\*. If the selection drive of the 1st laminating type piezoelectric device 110 is carried out by the control circuit 603, in order that the 1st laminating type piezoelectric device 110 may carry out jogging displacement, the movement magnitude of a mobile 653 becomes small. On the other hand, if the selection drive of the 2nd laminating type piezoelectric device 120 is carried out, since the 2nd laminating type piezoelectric device 120 rough-\*\*\*\*\*, the movement magnitude of a mobile 653 becomes large.

[0042] Gestalt 7. drawing 8 of operation is the block diagram showing the circuitry in the case of applying the above-mentioned laminating type piezoelectric device to a piezo-electric sensor. Drawing 9 is explanatory drawing showing the example of concrete composition of this electrostrictive actuator. It is the composition that this piezo-electric sensor 700 joined the 1st laminating type piezoelectric device 110 to the one side of the fixed supporter 701, and joined the 2nd laminating type piezoelectric device 120 to the other side. Moreover, the 1st and 2nd laminating type piezoelectric devices 110 and 120 are connected to the detector 702, and the signal sent out from this detector 702 is orthopedically amplified and operated by signal amplification and the shaping circuit 703. Since each piezoelectric device of the 1st laminating type piezoelectric device 110 is thin, detection of a big variation rate is possible for it at low frequency. Since each piezoelectric device of the 2nd laminating type piezoelectric device 120 is thick, detection of a small variation rate is possible for it at high frequency.

[0043] Form 8. drawing 10 of operation is the block diagram showing the circuitry in the case of applying the above-mentioned laminating type piezoelectric device to an ultrasonic motor. Drawing 11 is explanatory drawing showing the example of concrete composition of an ultrasonic motor. The laminating type piezoelectric device 100 is being fixed by the oscillating object supporter material 801 on the susceptor 802. The oscillating transducer material 803 is formed in the side of the laminating type piezoelectric device 100, and this oscillating transducer material 803 touches the mobile 804. The mobile 804 is supported to revolve by the medial axis 805. The medial axis 805 is being fixed to the susceptor 802.

[0044] The 1st laminating type piezoelectric device 110 excites longitudinal oscillation by impressing cycle voltage by the drive circuit 806. In this case, flexible movement is made caused using the transversal effect of each piezoelectric device 111 which constitutes the 1st laminating type piezoelectric device 110. the 2nd laminating type piezoelectric device 120 -- a bimorph -- a variation rate -- it uses as an element, and by impressing cycle voltage, it is shrunk by one piezoelectric device 121, a variation rate is extended to another piezoelectric device 121, a variation rate is made to start, and incurvation vibration is excited With the combination of this longitudinal oscillation and incurvation vibration, the oscillating transducer material 803 performs ellipse movement to the front face of a mobile 804. A mobile 804 rotates with the frictional force between this oscillating transducer material 803 and mobile 804. In addition, although the gestalt of this operation showed the case where the big ultrasonic motor of torque was realized by starting curvature movement by flexible movement and the 2nd laminating type piezoelectric device by the 1st laminating type piezoelectric device, as flexible movement is caused by incurvation vibration and the 2nd laminating type piezoelectric device by the 1st laminating type piezoelectric device on the

contrary, making a rotational frequency quick can also be carried out easily and it corresponds to this application.

[0045]

[Effect of the Invention] As explained above, according to the laminating type piezoelectric device (claim 1) of this invention, control of the amount of displacement is attained by the easy control circuit by changing the thickness of the piezoelectric device which constitutes each unified laminating type piezoelectric device.

[0046] Next, according to the laminating type piezoelectric device (claim 2) of this invention, thickness of the piezoelectric device which constitutes the 1st laminating type piezoelectric device was made thinner than the piezoelectric device which constitutes the 2nd laminating type piezoelectric device. For this reason, driving force is easily controllable by choosing the 1st and 2nd laminating type piezoelectric devices in a displacement row.

[0047] Next, in the laminating type piezoelectric device (claim 3) of this invention, since the 1st laminating type piezoelectric device and the 2nd laminating type piezoelectric device were installed, a complicated variation rate can be performed.

[0048] Next, in the laminating type piezoelectric device (claim 4) of this invention, since other laminating type piezoelectric devices from which the thickness of the piezoelectric device to constitute differs were unified, more complicated and precise displacement control becomes possible.

[0049] Next, by the laminating type piezoelectric device (claim 5) of this invention, since the ratio of the thickness of the piezoelectric device which constitutes each laminating type piezoelectric device was made into the integral value, it is easy to manufacture.

[0050] Next, the area of each laminating type piezoelectric device can be written as a different thing, and, in addition to control of the amount of displacement, the generating force can be controlled by the laminating type piezoelectric device (claim 6) of this invention.

[0051] Next, in the electrostrictive actuator (claim 7) of this invention, since the laminating type piezoelectric device which impresses voltage is chosen and the amount of displacement was controlled, displacement control becomes possible in an easy circuit.

[0052] Next, by the piezo-electric sensor (claim 8) of this invention, by using two or more laminating type piezoelectric devices which shall be different in the thickness of a piezoelectric device, the detectable range is made large and the thing of it can be carried out.

[0053] Since the movement magnitude of a mobile is next controllable by the ultrasonic motor (claim 9) of this invention by choosing a laminating type piezoelectric device, control of movement magnitude is attained in an easy circuit.

[0054] Next, longitudinal oscillation is excited by the 1st laminating type piezoelectric device of the unified laminating type piezoelectric device, incurvation vibration is excited by the laminating type piezoelectric device of the above 2nd, and since it was made to drive the mobile concerned by making a mobile carry out oscillating contact of the aforementioned oscillating transducer material, simple structure can constitute an ultrasonic motor from the ultrasonic motor (claim 10) of this invention.

---

[Translation done.]



**\* NOTICES \***

Japan Patent Office is not responsible for any damages caused by the use of this translation.

- 1.This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.
- 2.\*\*\*\* shows the word which can not be translated.
- 3.In the drawings, any words are not translated.

**DESCRIPTION OF DRAWINGS****[Brief Description of the Drawings]**

[Drawing 1] It is structural drawing showing the laminating type piezoelectric device concerning the gestalt 1 of implementation of this invention.

[Drawing 2] It is structural drawing showing the laminating type piezoelectric device concerning the gestalt 2 of implementation of this invention.

[Drawing 3] It is explanatory drawing showing the concrete application of the laminating type piezoelectric device of drawing 2 .

[Drawing 4] It is structural drawing showing the laminating type piezoelectric device concerning the gestalt 4 of implementation of this invention.

[Drawing 5] It is structural drawing showing the laminating type piezoelectric device concerning the gestalt 5 of implementation of this invention.

[Drawing 6] It is the block diagram showing the circuitry in the case of applying a laminating type piezoelectric device to an electrostrictive actuator.

[Drawing 7] It is explanatory drawing showing the example of composition of the ultrasonic motor adapting the electrostrictive actuator shown in drawing 6 .

[Drawing 8] It is the block diagram showing the circuitry in the case of applying a laminating type piezoelectric device to a piezo-electric sensor.

[Drawing 9] It is explanatory drawing showing the example of concrete composition of an electrostrictive actuator shown in drawing 8 .

[Drawing 10] It is the block diagram showing the circuitry in the case of applying a laminating type piezoelectric device to an ultrasonic motor.

[Drawing 11] It is explanatory drawing showing the example of concrete composition of an ultrasonic motor shown in drawing 10 .

[Drawing 12] It is structural drawing showing an example of the conventional laminating type piezoelectric device.

[Drawing 13] It is the block diagram showing the actuator using the laminating type piezoelectric device.

[Drawing 14] It is the cross section showing other conventional examples of a laminating type piezoelectric device, and is the thing of the indication to JP,8-213664,A.

[Drawing 15] It is the block diagram showing an example of the sensor using the conventional laminating type piezoelectric device.

**[Description of Notations]**

100 Laminating Type Piezoelectric Device

110 1st Laminating Type Piezoelectric Device

111 Piezoelectric Device

112 Electrode

120 2nd Laminating Type Piezoelectric Device

121 Piezoelectric Device

122 Electrode

[Translation done.]